

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 25 866 A 1

91 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 04 R 1/32  
H 04 R 7/02  
// H04R 9/06

21 Aktenzeichen: 198 25 866.6  
22 Anmeldetag: 10. 6. 98  
43 Offenlegungstag: 16. 12. 99

DE 198 25 866 A 1

71 Anmelder:  
Nokia (Deutschland) GmbH, 75175 Pforzheim, DE  
74 Vertreter:  
Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,  
78048 Villingen-Schwenningen

72 Erfinder:  
Bachmann, Wolfgang, Dr., 41516 Grevenbroich, DE;  
Krump, Gerhard, Dr., 94374 Schwarzach, DE; Regl,  
Hans-Jürgen, 40477 Düsseldorf, DE

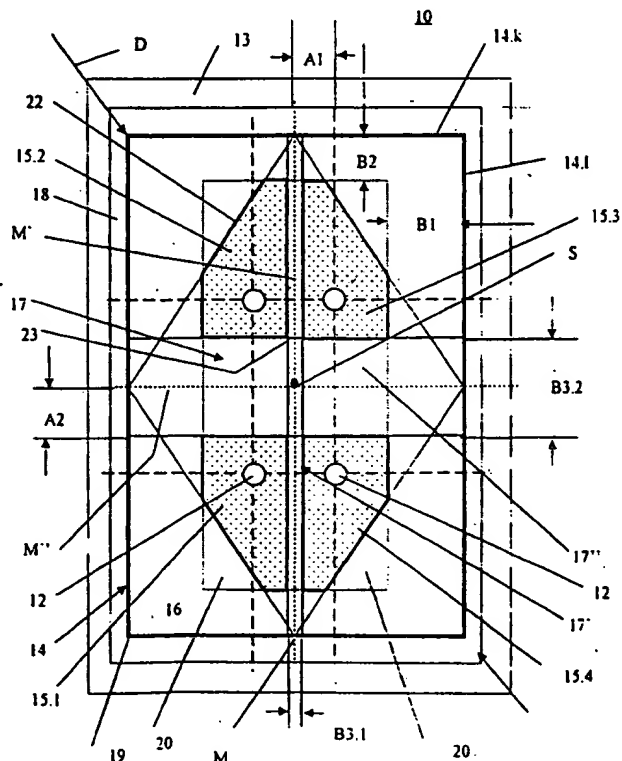
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 29 32 942 C2  
DE 28 50 956 C2  
DE 39 07 540 A1  
US 56 82 436

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Plattenlautsprecher

57 Die Erfindung befaßt sich mit der Ausbildung von sogenannten Plattenlautsprechern, die nach dem Biegewellenprinzip arbeiten. Derartige Lautsprecher werden allgemein von einem Paneel 11, mindestens einem Treiber 12 und einem Rahmen 13 gebildet. Dabei ist das Paneel 11 mit dem Rahmen 13 verbunden. Um eine sachgerechte Einprägung von Biegewellen in das Paneel 11 zu erhalten, müssen sehr aufwendige Untersuchungen vorgenommen werden, um den jeweiligen Positionierbereich 15 zu ermitteln, in welchem die Treiber 12 das Paneel 11 antreiben bzw. mit diesem verbunden werden sollen. Hinzu kommt außerdem, daß die Größe der Paneele 11 je nach Anwendung auch erheblichen Größenveränderungen unterliegen kann, so daß für nur leicht modifizierte Paneele 11 immer wieder die Untersuchungen vorgenommen werden müssen. Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, allgemeingültige Positionierbereiche 15 für Treiber 12 an oder auf Paneelen 11 anzugeben, welche keine weiteren Untersuchungen bezüglich des Positionierbereichs 15 erforderlich machen. Hierzu wird im ersten Ansatz angegeben, eine Randzone 16, welche unmittelbar an die Ränder 13 des Paneels 11 anschließt, sowie eine Schwerpunktzone 17, welche sich um den Schwerpunkt S des Paneels 11 erstreckt, nicht als Positionierbereiche 15 vorzusehen. Außerdem werden Angaben zur Breite bzw. Ausdehnung der verschiedenen Zonen 16, 17 bezogen auf die Größe des Paneels 11 gemacht.



DE 198 25 866 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf sogenannte Plattenlautsprecher, die nach dem Biegewellenprinzip arbeiten, insbesondere auf die Positionierung der Treiber am Plattenlautsprecher.

## Stand der Technik

Gemäß dem Stand der Technik sind Plattenlautsprecher bekannt, die nach dem Biegewellenprinzip arbeiten. Derartige Anordnungen werden im wesentlichen von einem Paneel und wenigstens einem Antriebssystem gebildet, wobei das Paneel in Schwingungen versetzt wird, wenn dem oder den Antriebssystem(en) elektrische Tonfrequenzsignale zugeführt werden. Charakteristisch für solche Schallwiedergabeanordnungen ist, daß ab einer unteren Grenzfrequenz, der sogenannten kritischen Frequenz eine "Biegewellenabstrahlung" möglich wird, wobei die Biegewellen in der Ebene des jeweiligen Paneels zu einer Schallabstrahlung mit frequenzabhängiger Richtung führen. Mit anderen Worten, ein Schnitt durch ein erstelltes Richtdiagramm zeigt eine Hauptkeule, deren Richtung frequenzabhängig ist. Diese Verhältnisse sind für unendlich ausgedehnte Platten und Absorberplatten vollständig gültig, während die Verhältnisse für die in dieser Anmeldung behandelten Multiresonanzplatten (auch Distributed Mode Loudspeaker genannt) wegen der starken Randreflexe dann deutlich komplexer sind. Diese Komplexität bei Multiresonanzplatten rührt daher, daß die genannte Hauptkeule mit frequenzabhängiger Richtung von einer Mehrzahl weiterer solcher Hauptkeulen überlagert wird, so daß ein stark aufgefächertes Richtdiagramm entsteht, welches außerdem sehr frequenzabhängig ist. Typisches Kennzeichen der hier behandelten Multiresonanzplatten ist, daß ihre Richtdiagramme im Mittel eher von der Mittelsenkrechten wegweisen. Dieses Verhalten bewirkt, daß der Raum stärker in die Projektion der Schallwellen einbezogen wird.

Das Paneel des Plattenlautsprechers ist nach dem Sandwich-Prinzip aufgebaut, indem vorzugsweise zwei einander gegenüberliegende Oberflächen einer sehr leichten Kernschicht mit jeweils einer im Vergleich zur Kernschicht dünnen Deckschicht beispielsweise durch Verklebung verbunden sind. Damit der Plattenlautsprecher gute Schallwiedergabeeigenschaften aufweist, muß das Material für die Deckschicht eine besonders hohe Dehnwellengeschwindigkeit haben. Geeignete Deckschichtmaterialien sind beispielsweise dünne Metallfolien oder auch faserverstärkte Kunststoffolien. Auch an die Kernschicht werden besondere Anforderungen gestellt, denn diese Schicht muß vor allem eine besonders geringe Dichte (z. B. 20 bis 30 kg/m<sup>3</sup>) aufweisen. Weiterhin soll die Kernschicht hohe Schubspannungen normal zu den Deckschichten aufnehmen können. Dazu muß letztlich der Elastizitätsmodul in Richtung normal zu den Deckschichten ausreichend groß sein, während parallel zu den Deckschichten auch ein sehr geringer E-Modul nicht stört. Insofern kann die Kernschicht anisotropes oder auch isotropes Verhalten zeigen. Als ultraleichte Kernschichtstrukturen haben sich beispielsweise Waben aus Leichtmetall-Legierungen oder harzgetränkte faserverstärkte Papiere (anisotrop) und Hartschäume (isotrop) bewährt.

Außerdem ist es aus DE-A-197 57 098 bekannt, daß Paneel mit einem Rahmen zu verbinden, welcher das Paneel aufnimmt und die Verbindung mit anderen Bauteilen ermöglicht. Je nach Ausbildung kann dieser Rahmen auch von einer Einbauwand, in welcher das Paneel integriert werden soll, gebildet sein. Die Verbindung zwischen dem Paneel und dem Rahmen ist in der Regel als elastische Verbindung

ausgelegt, welche auf das schwingende Paneel keinen oder nur einen sehr geringen Widerstand ausübt. Auch sind harte Verbindungen bekannt, bei welchen die Paneel starr mit den Rahmen verbunden sind.

Der Antrieb der Paneele erfolgt mittels Treibern, die wie in DE-A-197 57 097 gezeigt – entweder am jeweiligen Paneel aufgesetzt oder in diesem integriert sind.

Außerdem ist es bekannt, daß die Treiber etwa in der Form von elektrodynamischen Shakern oder piezoelektrischen Biegeschwingerscheiben als Antriebselemente vorwiegend im Zentrum oder aber in enger Randnähe angebracht werden, obwohl aus der Betrachtung einzelner, ungestörter Schwingungsmoden von Rechteckplatten andere Orte sinnvoller erscheinen könnten. Die Schwierigkeit besteht in der Optimierung der Anregungsposition unter Berücksichtigung der Treiberrückwirkung, unter Berücksichtigung vieler, aber vor allem der tieffrequenten Moden und unter Berücksichtigung der akustischen Beiträge jedes Schwingungsmoden bei jeder betrachteten Modalfrequenz. Eine Lösung bestünde in der Modellierung nach der Finite-Elemente-Methodik kombiniert mit einer numerischen Lösung der akustischen Feldgleichungen und mit einer stochastischen Variation der Randbedingungen und exakten Positionen im Bereich realistischer Toleranzen. Eine andere Lösung bestünde im praktischen Erproben fertig gebauter Plattenlautsprecher mit zufälligen Treiberpositionen. Beide denkbare Lösungsverfahren sind sehr aufwendig.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Positionierbereiche für Treiber anzugeben, an welchen Treiber bezogen auf die Fläche des Paneels ohne großen Aufwand und aber mit hoher Effizienz platzierbar sind.

## Darstellung der Erfindung

Diese Aufgabe wird mit den in den Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind den Ansprüchen 2 bis 12 entnehmbar.

Erstreckt sich gemäß Anspruch 1 der Positionierbereich zwischen einer Randzone, die sich unmittelbar an die Ränder des Paneels in Richtung des Schwerpunkt Paneels anschließt, und einer Schwerpunktzone, welche sich um den Schwerpunkt des Paneels erstreckt, wird eine hohe Ausbeute bei den verfügbaren Schwingungsmoden erreicht und gleichzeitig werden ungünstige Punktimpedanzen vermieden.

Ist gemäß Anspruch 2 das Paneel fest in einem Rahmen eingespannt, sollte die Breite B der Randzone mindestens 5% der Diagonalen des Paneels betragen, um die Punktimpedanzen zu mindern. Eine besonders nachhaltige Minderung tritt bei der festen Einspannung dann ein, wenn die Breite B der Randzone Werte von etwa 10% der Diagonalen des Paneels annimmt. Zur Erhöhung der Ausbeute der Schwingungsmoden, sollte die Schwerpunktzone einen Durchmesser D von mindestens 20% der Diagonalen des Paneels haben. Kleinere Durchmesserwerte führen zu einem überproportionalen Ausschluß von Schwingungsmoden für den Antrieb des Paneels.

Ist gemäß Anspruch 3 das Paneel über nachgiebige Elemente mit dem Rahmen verbunden, sollte die Schwerpunktzone kreuzförmig ausgebildet sein, weil sich die Bereiche, welche unmittelbar an die durch die Mitten der Ränder und den Schwerpunkt des Paneels verlaufenden Seitenhalbierenden anschließen, als nicht für die Positionierung von Treibern geeignet erwiesen haben.

Wird gemäß Anspruch 3 die Schwerpunktzone kreuzförmig ausgebildet, ergeben sich vier Positionierbereiche. Um den Einfluß der Ränder des Paneels auf diese Positionierbe-

reiche zu verringern, sollte gemäß Anspruch 4 diese in den Bereichen, in welchen jeweils zwei Ränder des Paneels eine Ecke bilden, eine Verkleinerung aufweisen.

Um dem Einfluß der Ecken des Paneels vollständig auszuschließen, sollten die Verkleinerungen so wie in Anspruch 5 angegeben ausgestaltet sein.

Hat gemäß Anspruch 6 das Paneel keine quadratische, sondern eine längliche Form, sollte die Breite für unterschiedliche lange Ränder des Paneels unterschiedlich sein.

Dies bedeutet gemäß Anspruch 7, daß die Breite B1 der Randzone, welche entlang der langen Ränder des Paneels verläuft, größer ist als die Breite B2 der Randzone, welche entlang der kurzen Ränder verläuft.

Dabei sollte gemäß Anspruch 8 die Breite B1 mindestens 10% und B2 mindestens 5% der Diagonalen des Paneels betragen.

Um die schon beschriebenen Nachteile auszuschließen bzw. um dennoch einen relativ großen Positionierbereich zu erhalten, ist es gemäß Anspruch 9 nicht notwendig, daß die Flächenbereiche, welche die kreuzförmige Schwerpunktzonen bilden, die gleiche Breite haben.

Vielmehr ist es gemäß Anspruch 10 ausreichend, wenn die parallel zu den langen Rändern des Paneels verlaufenden Flächenbereiche eine Breite 3.1 von größer/gleich 2,5% und die parallel zu den kurzen Rändern der Paneels verlaufenden Flächenbereiche eine Breite 3.2 von größer/gleich 17% der Diagonalen des Paneels haben.

Ein optimaler Positionierbereich für Treiber ist gemäß Anspruch 11 dann gegeben, wenn die Treiber zu der parallel zu den langen Rändern des Paneels verlaufenden Mittellinie M' einen Abstand A1 und zu der parallel zu den kurzen Rändern des Paneels verlaufenden Mittellinie M'' einen Abstand A2 haben.

Bezogen auf die Größe des Paneels sollte gemäß Anspruch 1 der Abstand A1 etwa 7% und der Abstand A2 etwa 14% der Diagonalen des Paneels betragen.

#### Kurze Darstellung der Figuren

Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Plattenlautsprecher; und  
Fig. 2 eine weitere Darstellung gemäß Fig. 2.

#### Wege zum Ausführen der Erfindung

Die Erfindung soll nun anhand der Figuren näher erläutert werden.

In Fig. 1 ist eine nicht maßstabsgerechte Draufsicht auf einen Plattenlautsprecher 10 gezeigt. Dieser Plattenlautsprecher 10 wird im wesentlichen von einem Paneel 11 in Sandwich-Bauweise, zwei Treibern 12 und einem Rahmen 13 gebildet. Da das Paneel 11 im vorliegenden Ausführungsbeispiel länglich ausgebildet ist, sind unterschiedlich lange Ränder 14 vorhanden, und zwar die langen Ränder 14.1 und die kurzen Ränder 14.k. Das Paneel 11 ist an seinen Rändern 14 mit dem Rahmen 13 starf verbunden. Die Treiber 12 sind im Paneels 11 integriert und daher in Fig. 1 nur angedeutet.

Mit dem Bezugszeichen 15 ist Positionierbereich für Treiber gekennzeichnet. Dieser Positionierbereich 15, welcher zur besseren Darstellung punktiert ist, erstreckt sich zwischen einer Randzone 16, welche unmittelbar an die Ränder 14 anschließt und eine Breite B hat, und einer Schwerpunktzonen 17 mit einem Durchmesser D1. Unter der Schwerpunktzonen 17 wird im Zusammenhang mit dieser Anmeldung der Bereich des Paneels 11 verstanden, der den Schwerpunkt S des Paneels 11 umgibt.

Die Randzone 16, welche im vorliegen Ausführungsbeispiel eine einheitliche Breite B von 10% der Diagonalen D

des Paneels 11 hat, kann in einem anderen - nicht dargestellten - Ausführungsbeispiel auch für die verschiedenen langen Ränder 14.1, 14.k unterschiedlich breit sein. Aber auch in diesem Falle gilt, daß die Randzone 16 eine möglichst große Breite B aufweist, um Punktimpedanzen auszuschließen.

Die Schwerpunktzonen 17 hat vorliegend einen Durchmesser D1 von 25% der Diagonalen D des Paneels 11. Um möglichst viele Schwingungsmoden für den Antrieb des Paneels 11 zu nutzen, sollte die Schwerpunktzonen 17 ebenfalls möglichst groß gewählt werden.

In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für einen optimalen Positionierbereich 15 (15.1 bis 15.4) gezeigt. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Paneel 11 an seine Rändern 14.1, 14.k mittels von elastischen Elementen 18 mit dem Rahmen 13 verbunden. Nur der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß die Art der Verbindung zwischen Rahmen 13 und Paneel 11 keinen großen Einfluß für die optimale Positionierung der Treiber 12 auf dem Paneel 11 hat, so daß die im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 gezeigten Verhältnisse weitgehend auch für Plattenlautsprecher 10 gemäß Fig. 2 und umgekehrt gelten.

Gemäß Fig. 2 hat die Randzone 16 keine einheitliche Breite B. Vielmehr sind die parallel zu den langen Rändern 14.1 verlaufenden Randzonen 16 mit der Breite B1 breiter als die parallel zu den kurzen Rändern 14.k verlaufende Randzonen 16 mit der Breite B2. Die Abhängigkeit der verschiedenen Breiten B1, B2 zur Größe des Paneels 11 ist dadurch gegeben, daß die Breite B1 etwa 16% und die Breite B2 etwa 6,3% der Diagonalen D des Paneels 11 beträgt.

Der Darstellung gemäß Fig. 2 ist entnehmbar, daß die Schwerpunktzonen 17 kreuzförmig ausgebildet ist, indem zwei Flächenstreifen 17'; 17'', welche jeweils parallel zu den Rändern 14 verlaufen und sich im Schwerpunkt S des Paneels 11 überkreuzen. Die Breite B3 (B3.1, B3.2) beider Flächenstreifen 17', 17'' ist unterschiedlich groß, um noch einen vertretbar großen Positionierbereich 15 für die Treiber 12 zu erhalten. Bezogen auf die Abmessungen des Paneels 11 bzw. mit Rücksicht auf die durch die längliche Ausgestaltung des Paneels 11 und der damit verbunden unterschiedlich langen Ränder 14.1, 14.k beträgt die Breite B3.2 des Flächenstreifens 17', welcher parallel zum langen Rand 14.1 verläuft, 2,9% und die Breite B3.1 des anderen Flächenstreifens 17'' 17,4% der Diagonalen D des Paneels 11.

Durch die sich kreuzenden Flächenstreifen 17', 17'' werden zusammen mit der Randzone 16 vier Positionierbereiche 15.1-15.4 geschaffen, in denen Treiber 12 mit guten Resultaten plazierte werden können. Werden jedoch die Bereiche der grundsätzlichen Positionierbereiche 15.1-15.4 nahe den Ecken 19, in denen jeweils ein kurzer Rand 14.k mit einem langen Rand 14.1 zusammentrifft, mit Treibern 12 versehen, wird die Biegewelleneinprägung in das Paneel 11 wegen der Nähe zur Ecke 19 erheblich verschlechtert. Deshalb ist jeder Positionierbereich 15.1-15.4 mit einer dreieckförmigen Verkleinerung 20 versehen. Jeweils zwei Seiten einer jeden Verkleinerung 20 werden von den Innenrändern 21 der Randzone 16 gebildet. Die dritten Seiten der dreieckförmigen Verkleinerungen 20 liegen auf einer Liniengzug 22, welcher - wie in Fig. 2 gezeigt - die Mitten M sämtlicher Ränder 14 miteinander verbindet. Um diese Verhältnisse besser darzustellen, sind die um die Verkleinerungen 20 reduzierten Positionierbereiche 15.1-15.4 in Fig. 2 ebenfalls punktiert dargestellt. Auch wenn die Positionierung von Treibern 12 in den punktierten Positionierbereichen schon als optimal angesehen werden kann, hat sich herausgestellt, daß die Anordnung von Treibern 12 in Bereichen der Positionierbereiche 15.1-15.4, welche nahe dem Schwerpunkt zugewandten Ecken 23 innerhalb der Positionierbereiche 15.1-15.4 liegen, eine nicht mehr über-

treffbare Optimierung erreicht werden kann. Bezogen auf die Geometrie des Paneels 11 bedeutet dies, daß die Bereiche innerhalb der Positionierbereiche 15.1-15.2 zu den sich im Schwerpunkt S schneidenden und i. ü. parallel zu den langen und kurzen Rändern 14.1, 14.k verlaufenden Mittellinien M', M" einen verschiedenen großen Abstand A1, A2 einhalten. Im in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel beträgt der Abstand A1 zwischen Treiber 12 und Mittellinie M' 6.9% und der Abstand A2 zwischen Treiber 12 und Mittellinie M" 14% der Diagonalen D des Paneels 11. Auch wenn im Ausführungsbeispiel sämtliche Treiber 12 die Abstandsbedingungen zu den Mittellinien M', M" erfüllen, müssen die Bedingungen in einem anderen - nicht gezeigten - Ausführungsbeispiel nicht für alle Treiber 12 erfüllt sein. So kann es beispielsweise ausreichend sein, wenn nur zwei der Treiber 12 die Abstandsbedingungen erfüllen und die anderen Treiber 12 innerhalb der punktierten Positionierbereiche 15.1-15.4 angeordnet sind. Auch ist es nicht notwendig, daß sämtliche Treiber 12 symmetrisch zueinander innerhalb der Positionierbereiche 15.1-15.4 ausgerichtet sind.

#### Patentansprüche

1. Plattenlautsprecher mit einem Paneel 11, welches Ränder 14, 14.1, 14.k und eine Schwerpunktzone 17 aufweist, mit wenigstens einem Treiber 12 und mit einem Rahmen 13, welcher mit dem Paneel 11 verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Paneel 11 eine unmittelbar an seine Ränder 14 anschließende und sich zum Schwerpunkt S des Paneels 11 erstreckende Randzone 16 aufweist, daß sich die Schwerpunktzone 17 um den Schwerpunkt S des Paneels 11 erstreckt, daß ein Positionierbereich 15, 15.1-15.4 vorhanden ist, welche sich zwischen der Randzone 16 und der Schwerpunktzone 17 ausdehnt, und daß der oder die Treiber 12 ausschließlich innerhalb des Positionierbereichs 15, 15.1-15.4 mit dem Paneel 11 verbunden sind.
2. Plattenlautsprecher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem fest im Rahmen 13 eingespannten Paneel 11 die Randzone 16 eine Breite B hat, wobei die Breite B mindestens 5% der Diagonalen D des Paneels 11 entspricht, und daß die Schwerpunktzone 17 einen Durchmesser D1 von mindestens 20% der Diagonalen D des Paneels 11 hat.
3. Plattenlautsprecher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Paneel 11, welches über nachgiebige Elemente 18 mit dem Rahmen 13 verbunden ist, die Schwerpunktzone 17 ein kreuzförmiger Flächenbereich ist und von zwei durch den Schwerpunkt S des Paneels 11 verlaufenden, rechtwinklig zueinander verlaufenden und die jeweiligen Randzone 16 auf kürzestem Weg verbindenden Flächenstreifen 17', 17" gebildet ist.
4. Plattenlautsprecher nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die sich durch die kreuzförmige Ausbildung der Schwerpunktzone 17 (17', 17") ergebenden vier Positionierbereiche 15.1-15.4 nahe den Bereichen, an denen jeweils zwei Ränder 14.1, 14.k des Paneels 11 eine Ecke 19 bilden, eine Verkleinerung 20 aufweisen.
5. Plattenlautsprecher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verkleinerungen 20 der Positionierbereiche 15.1-15.4 dreieckförmig ausgebildet sind,

wobei zwei Seiten einer jeden dreieckförmigen Verkleinerung 20 von den Innenrändern 21 der Randzone 16 und die verbleibenden Seiten der dreieckförmigen Verkleinerungen 20 auf einem geschlossenen Linienzug 22 liegen, der die Mitten M der Ränder 14, 14.1, 14.k verbindet.

6. Plattenlautsprecher nach Anspruch nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Paneel 11 rechteckig ausgebildet ist, wobei jeweils zwei eine Ecke 19 bildende Ränder 14.1, 14.k des Paneels 11 eine unterschiedliche Länge haben, und daß die Breite B der Randzonen 16 für unterschiedlich lange Ränder 14.1, 14.k des Paneels 11 unterschiedlich breit ist.

7. Plattenlautsprecher nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite B1 der Randzone 16, welche an die langen, Ränder 14.1 des Paneels 11 anschließt, größer ist als die Breite B2 der Randzone 16, welche an die kurzen Ränder 14.k des Paneels 11 anschließt.

8. Plattenlautsprecher nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite B1 mindestens 10% und B2 mindestens 5% der Diagonalen D des Paneels 11 entspricht.

9. Plattenlautsprecher nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden sich kreuzenden Flächenbereiche 17', 17" eine unterschiedlich große Breite B3 haben.

10. Plattenlautsprecher nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden sich kreuzenden Flächenbereiche 17', 17" eine unterschiedlich große Breite B3 haben, wobei der parallel zu den langen Rändern 14.1 des Paneels 11 verlaufende Flächenbereich 17' eine Breite 3.1 von größer/gleich 2,5% und der Flächenbereich 17", welcher parallel zu den kurzen Rändern 14.k des Paneels 11 verläuft, eine Breite 3.2 von größer/gleich 17% der Diagonalen D des Paneels 11 hat.

11. Plattenlautsprecher nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Treiber 12 zu den sich im Schwerpunkt S schneidenden und i. ü. parallel zu den langen und kurzen Rändern 14.1, 14.k verlaufenden Mittellinien M', M" jeweils einen Abstand einhalten, wobei der Abstand A1 den Abstand der Treiber 12 zu der parallel zum langen Rand 14.1M' und der Abstand A2 den Abstand der Treiber 12 zu der parallel zum kurzen Rand 14.k verlaufenden Mittellinie M" angibt, und daß der Abstand A1 kleiner ist als der Abstand A2.

12. Plattenlautsprecher nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß A1 etwa 7% und A2 etwa 14% der Diagonalen D des Paneels 11 beträgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

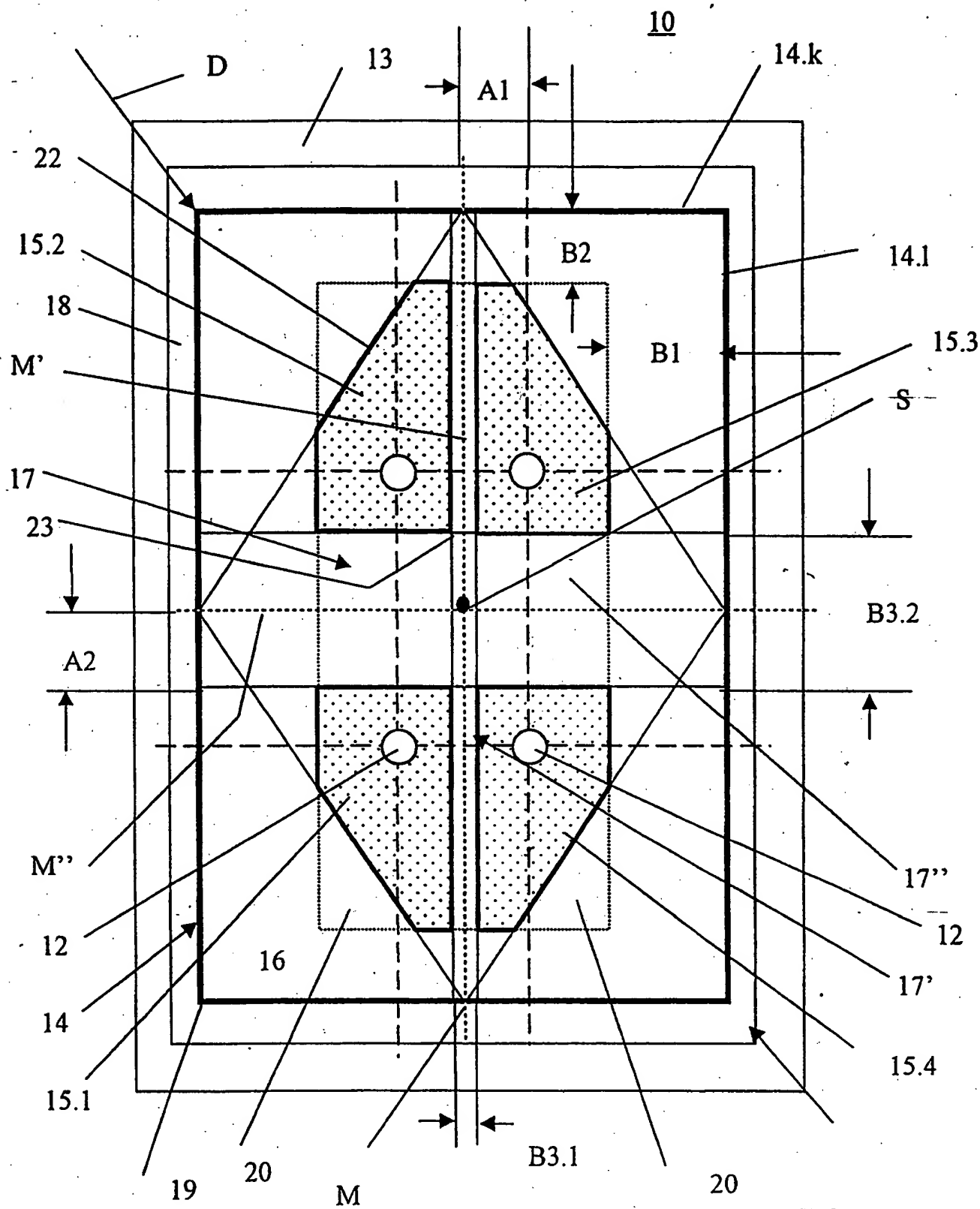


Fig. 2

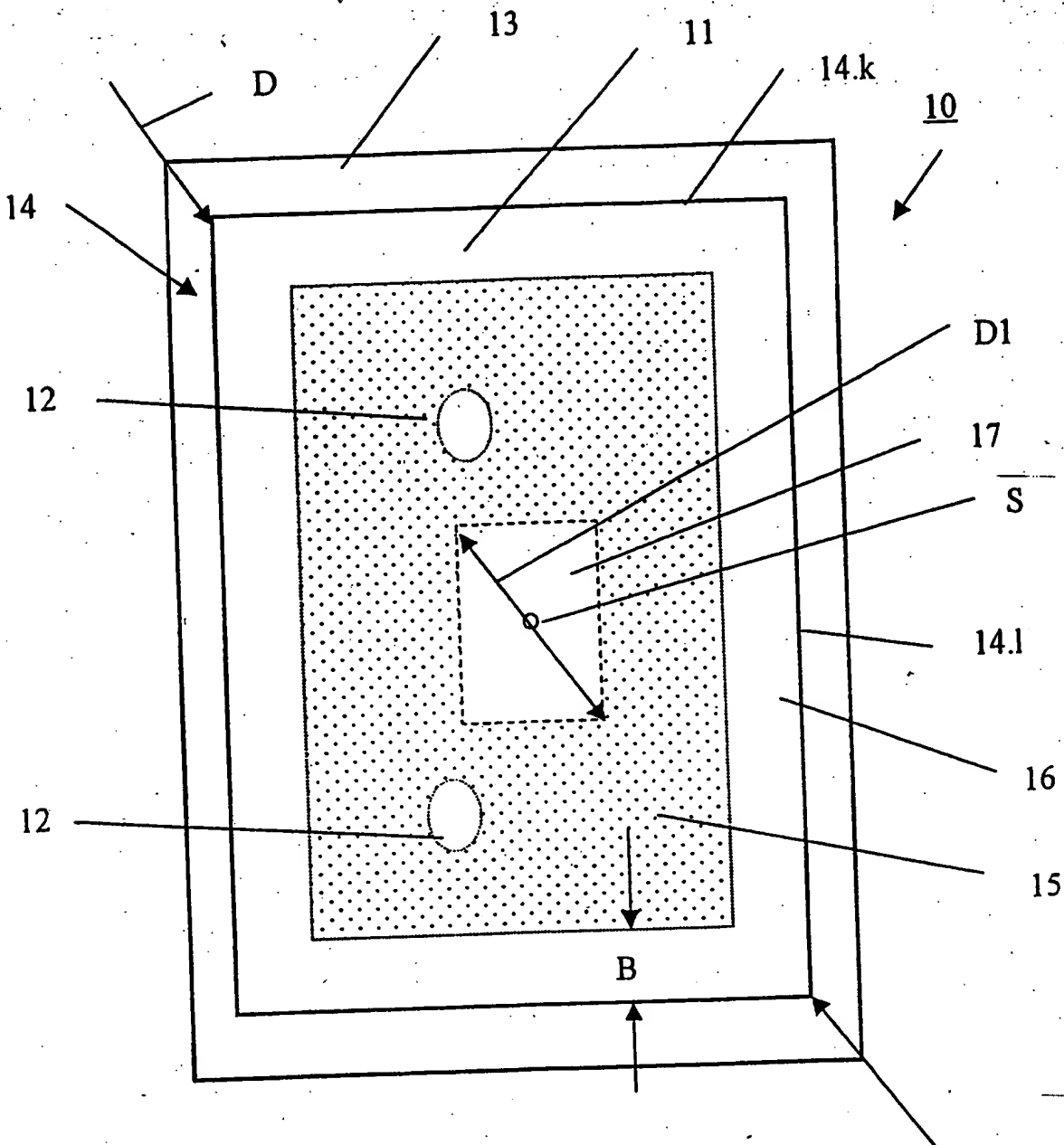


Fig. 1

## Description

### Panel loudspeaker

### Field of the technology

The invention relates to so-called panel loudspeakers operating according to the bending wave principle, in particular to positioning the drivers of panel loudspeakers.

### State of the art

Sound reproduction devices that operate according to the bending wave principle are known in the art. Such devices are formed essentially of a sound panel and at least one drive system, wherein oscillations are induced in the sound panel when electrical audio frequency signals are supplied to the drive system(s).

According to one feature of this type of sound reproduction device, a "bending wave radiation" is enabled above a lower limit frequency, also referred to as critical frequency, wherein the bending waves in the plane of the respective sound panel cause the sound to be radiated in a direction that is frequency-dependent. In other words, a cross-section through a directional diagram shows a main lobe with a frequency-dependent direction. These conditions are valid for panels and absorbing panels with an infinite surface area. However, the conditions applying to multi-resonance panels (also referred to as distributed mode loudspeaker) which are the subject matter of the present application, are

significantly more complex due to severe boundary reflexes. The increased complexity of multi-resonance plates is caused by a plurality of additional main lobes which are superimposed on the so-called main lobe which has a frequency-dependent direction, thereby producing a strongly fanned-out directional diagram which also has a strong frequency-dependence. Typically, the directional diagrams of the multi-resonance plates described herein are on average oriented away from the surface normal. This characteristic has the effect that the surrounding space plays a much greater role in the projection of the sound waves.

- 10 The panel of the panel loudspeaker is constructed according to a sandwich principle, in that two opposing surfaces of a very light core layer are connected, for example through an adhesive bond, by a cover layer that is thin compared to the core layer. The material used for the cover layer should have a particularly high dilatational wave velocity to enhance the sound reproduction characteristic
- 15 of the panel loudspeaker. Suitable materials for the cover layers are, for example, thin metal foils or fiber-reinforced plastic foils. The core layer also has to meet certain requirements since this layer should have a very small mass density (e.g., 20 to 30 kg/m<sup>3</sup>). In addition, the core layer should be able to sustain high shear forces perpendicular to the cover layers. Consequently, the elasticity
- 20 modulus perpendicular to the cover layers has to be sufficiently large, whereas parallel to the cover layers even a very small elasticity module is not detrimental. The characteristic of the core layer can hence be either anisotropic or isotropic. Ultra light core layer structures that have proven successful in practice, are, for



example, honeycomb structures made of light metal alloys or resin-impregnated fiber-reinforced paper (anisotropic) as well as rigid expanded foams (isotropic).

In addition, DE-A- 197 57 098 discloses a panel connected with a frame, with the frame receiving the panel and providing a connection with other components.

5 Depending on the specific implementation, the frame can also be formed by a mounting wall in which the panel is to be integrated. The connection between the panel and the frame is typically designed as an elastic connection which exerts on the oscillating panel either no resistance at all or only a small resistance. Also known are rigid connections wherein the panels are fixedly  
10 connected to the frame.

The panels are driven by drivers which - as illustrated in DE-A- 197 57 097 - are either located on the respective panel or integrated with the panel.

It is also known to install drivers in form of, for example, electrodynamic shakers or piezoelectric bending oscillator disks primarily in the center or in close  
15 proximity to an outer edge, although an analysis of individual undisturbed oscillation modes of rectangular panels may also suggest other suitable locations. It has proven difficult to optimize the excitation position when taking into account the driver feedback, the large number of, in particular, low-frequency modes and the acoustic contribution of each of oscillations mode at each  
20 respective modal frequency. A possible solution may be based on modeling the excitation position by a finite element method in combination with a numerical solution of the acoustic field equations, and with a stochastic variation of the

boundary conditions and the exact positions over a range of realistic tolerances. Another solution would be to test in practice random driver positions on finished panel loudspeakers. Both approaches are very complex.

It is therefore an object of the invention to define positioning areas for drivers  
5 relative to the surface of the panel, wherein the drivers can be easily and efficiently placed in these positioning areas.

### Summary of the invention

The object is solved by the characterizing features recited in claim 1.

Advantageous to embodiments and improvements of the invention are recited in  
10 claims 2 to 12.

If according to claim 1, the positioning area extends between an edge area, which is immediately adjacent to the edges of the panel in the direction of the center of gravity of the panel, and a center-of-gravity area, which extends around the center of gravity of the panels, then obtainable oscillation modes are  
15 efficiently utilized while at the same time eliminating harmful local impedances.

If according to claim 2 the panel is fixedly clamped in the frame, then the width B of the edge area should correspond to at least 5% of the diagonal of the panel in order to reduce local impedances. In particular, local impedances are reduced for a fixedly mounted panel if the width B of the edge area is approximately 10%  
20 of the diagonal of the panel. To increase the efficiency of the oscillating modes,

the center-of-gravity area should have a diameter  $D$  of at least 20% of the diagonal of the panel. Smaller values of the diameter super-proportionally exclude oscillating modes for driving the panel.

If according to claim 3 the panel is connected to the frame by yieldable  
5 elements, then the center-of-gravity area should be cross-shaped, because the areas which are directly adjacent to the lines bisecting the centers of the edges and the center of gravity of the panel have proven to be inadequate for positioning the drivers.

If according to claim 3 the center-of-gravity area is cross-shaped, then four  
10 positioning areas are obtained. To reduce the effect from the edges of the panel on these positioning areas, according to claim 4, these areas should include a reduction in those regions where two respective edges of the panel form a corner.

To completely eliminate the influence of the corners of the panel, the reductions  
15 should be shaped as recited in claim 5.

If according to claim 6, the shape of the panel is elongated rather than square, then the width of the edges of the panel that have a different length should also be different.

According to claim 7, the width  $B_1$  of the edge area which extends along the long  
20 edges of the panel, is a greater than the width  $B_2$  of the edge area which extends

along the short edges of the panel.

According to claim 8, the width B1 is at least 10% and B2 is at least 5% of the diagonal of the panel.

In order to eliminate the aforescribed disadvantages and/or to obtain a  
5 relatively large area for positioning the drivers, according to claim 9, it is not  
necessary that the two two-dimensional areas that form the cross-shaped center-  
of-gravity area have the same width.

Instead, according to claim 10, it is sufficient if the two two-dimensional areas  
that extend parallel to the long edges of the panel have a width 3.1 that is  
10 larger/equal to 2.5% and the two-dimensional areas that extend parallel to the  
short edges of the panel have a width 3.2 that is larger/equal to 17% of the  
diagonal of the panel.

According to claim 11, an optimal positioning area for the drivers is provided if  
the drivers have a distance A1 to the center line M' that extends parallel to the  
15 long edges of the panel and a distance A2 to the center line M'' that extends  
parallel to the short edges of the panel.

According to claim 1, the distance A1 should be approximately 7% and A2  
approximately 14% of the diagonal of the panel.

Brief description of the drawings

It is shown in:

Fig. 1 a top view of a panel loudspeaker; and

Fig. 2 another diagram according to Fig. 2.

#### Modes for carrying out the invention

5 The invention will now be described in more detail with reference to the figures.

Fig. 1 is a top view (not to scale) of a panel loudspeaker 10. The panel loudspeaker 10 is essentially formed of a panel 11 constructed in sandwich construction, two drivers 12 and a frame 13. Since the panel 11 in the present embodiment has an elongated shape, the edges have different lengths, namely  
10 the long edges 14.l and the short edges 14.k. The edges 14 of the panel 11 are fixedly connected to the frame 13. The drivers 12 are integrated into the panel and are therefore only alluded to in Fig. 1.

The positioning area for the drivers is indicated by the reference numeral 15. For a clearer representation, the positioning area 15 is indicated by a dotted area and  
15 extends between an edge area 16 with a width B, which is located immediately adjacent to the edges 14, and a center-of-gravity area 17 having a diameter D1. In the context of the present application, the center-of-gravity area 17 is to be understood as the area of the panel 11 that surrounds the center of gravity S of the panel 11.

The edge area 16 in the present embodiment has a uniform width  $B$  of 10% of the diagonal  $D$  of the panel 11. In another embodiment (not shown), the edges 14.l, 14.k can have different widths. However, the edge area 16 still should have the greatest possible width  $B$  to eliminate local impedances.

- 5 In the present example, the center-of-gravity area 17 has a diameter  $D_1$  of 25% of the diagonal  $D$  of the panel 11. In order to utilize the largest number of oscillations modes for driving the panel 11, the center-of-gravity area 17 should also have the largest possible area.

Fig. 2 illustrates another embodiment for an optimal positioning area 15 (15.1 to 10 15.4). In this embodiment, the edges 14.l, 14.k of the panel are connected with the frame 13 by elastic elements 18. It should be noted that the type of connection between the frame 13 and the panel 11 does not have a significant impact on the optimal positioning of the drivers 12 on the panel 11, so that the conditions shown in the embodiment of Fig. 1 apply essentially also to the panel 15 15 loudspeaker 10 of Fig. 2, and vice versa.

According to Fig. 2, the edge area 16 does not have a uniform width  $B$ . Instead, the edge areas 16 that extend parallel to the long edges 14.l have a width  $B_1$  that is greater than the width  $B_2$  of the edge areas 16 that extend parallel to the short edges 14.k. The different widths  $B_1$ ,  $B_2$  depend on the size of the panel 11 in 20 that the width  $B_1$  is approximately 16% and the width  $B_2$  is approximately 6.3% of the diagonal  $D$  of the panel 11.

As seen from Fig. 2, the center-of-gravity area 17 is in the form of a cross, whereby two two-dimensional stripes 17', 17" each extend parallel to the edges 14, crossing at the center of gravity S of the panel 11. The width B3 (B3.1, B3.2) of the two two-dimensional stripes 17', 17" is different so as to obtain a sufficiently large positioning area 15 for the drivers 12. When referenced to the dimensions of the panel 11 and/or the edges 14.l, 14.k that have a different length due to the elongated shape of the panel 11, the width B3.2 of the two-dimensional stripe 17' that extends parallel to the long edge 14.l is 2.9% and the width B3.1 of the other two-dimensional stripe 17" is 17.4% of the diagonal D of the panel 11.

The intersecting two-dimensional stripes 17', 17" in conjunction with the edge area 16 produce four positioning areas 15.1 - 15.4 where drivers 12 can be placed with advantageous results. However, if drivers 12 are placed in the areas of the basic positioning areas 15.1 - 15.4 proximate to the corners 19, where a respective short edge 14.k intersects with a long edge 14.l, then the transfer of bending waves to the panel 11 deteriorates considerably due to the proximity to the edge 19. For this reason, each positioning area 15.1 - 15.4 includes a triangular reduction 20. Two respective sides of each reduction 20 are formed by the inner edges 21 of the edge area 16. The third sides of the triangular reductions 20 are located on a line 22 which -as shown in Fig. 2 - connects the centers M of all the edges 14 with each other. To illustrate the situation more clearly, the positioning areas 15.1 - 15.4 in Fig. 2 that are reduced in size by the reductions 20 are also shown as dotted areas. Even if the positioning of the

drivers 12 in the dotted positioning areas can be viewed as optimal, it has been observed that a further optimization can be attained by arranging drivers 12 in the regions of the positioning areas 15.1-15.4 which are located proximate to the corners 23 that face the center of gravity inside the positioning areas 15.1-15.4.

5 This means with reference to the geometry of the panel 11 that the regions inside the positioning areas 15.1-15.2 have a different distance A1, A2 to the center lines M', M" which intersect in the center of gravity and also extend parallel to the long and short edges 14.l, 14.k. In the embodiment depicted in Fig. 2, the — — distance A1 between the drivers 12 and the center line M' is 6.9% and the  
10 distance A2 between the drivers 12 and the center line M" is 14% of the diagonal D of panel 11. Although all the drivers 12 in the embodiment of Fig. 2 satisfy the conditions with respect to their respective distance from the center lines M', M", these conditions do not have to be satisfied for all drivers 12 in another possible embodiment (not shown). For example, it may be sufficient if only two of the  
15 drivers 12 satisfy the distance relationship, whereas the other drivers 12 are located inside the dotted positioning areas 15.1-15.4. It may also not be necessary to orient all drivers 12 symmetrically with respect to each other inside the positioning areas 15.1-15.4.



## Claims

### 1. Panel loudspeaker

with a panel 11, which has edges 14, 14.l, 14.k and a center-of-gravity area 17,

with at least one driver 12, and

with a frame 13, which is connected to the panel 11,

characterized in

that the panel 11 has an edge area 16 immediately adjacent to its edges 14 and

extending to the center of gravity S of the panel 11,

that the center-of-gravity area 17 extends about the center of gravity S of the panel 11,

that a positioning area 15, 15.1-15.4 exists which extends between the edge area 16 and the center-of-gravity area 17, and

that the driver(s) 12 is/are connected to the panel 11 only inside the positioning area 15, 15.1-15.4.

### 2. Panel loudspeaker according to claim 1,

characterized in

that the edge area 16 of a panel 11 that is fixedly clamped in the frame 13 has a width B, wherein the width B is at least 5% of the diagonal D of the panel 11, and

that the center-of-gravity area 17 has a diameter D1 of at least 20% of the diagonal D of the panel 11.

3. Panel loudspeaker according to claim 1,  
characterized in

that for a panel 11 which is connected to the frame 13 by yieldable elements 18,  
the center-of-gravity area 17 is a cross-shaped two-dimensional area and formed  
by two two-dimensional stripes 17', 17" that extend through the center of gravity  
S of the panel 11, that are perpendicular to one another and connect the  
respective edge area 16 by the shortest possible distance.

4. Panel loudspeaker according to claim 3,  
characterized in

that the four positioning areas 15.1-15.4 produced by the cross-shaped form of  
the center-of-gravity area 17 (17', 17") include a reduction 20 proximate to the  
regions where two respective edges 14.l, 14.k of the panel 11 form a corner 19.

5. Panel loudspeaker according to claim 4,  
characterized in

that the reductions 20 of the positioning areas 15.1-15.4 have a triangular shape,  
wherein two sides of each triangular-shaped reduction 20 are formed by the inner  
edges 21 of the edge area 16 and the remaining edges of the triangular  
reductions 20 are located on a closed continuous line 22 that connects the  
centers M of the edges 14, 14.l, 14.k.

6. Panel loudspeaker according to one of the claims 2 to 5,  
characterized in

that the panel 11 has a rectangular shape, wherein respective two edges 14.l,

14.k of the panel 11 that form a corner 19, have a different length, and that the width B of the edge areas 16 is different for edges 14.l, 14.k of the panel 11 that have different lengths.

7. Panel loudspeaker according to claim 6, characterized in

that the width B1 of the edge area 16 which abuts the long edges 14.l of the panel 11, is a greater than the width B2 of the edge area 16 which abuts the short edges 14.k of the panel 11.

8. Panel loudspeaker according to claim 7, characterized in

that the width B1 is at least 10% and B2 is at least 5% of the diagonal D of the panel 11.

9. Panel loudspeaker according to one of the claims 3 to 8, characterized in

that the two two-dimensional areas 17', 17" that cross one another have a different width B3.

10. Panel loudspeaker according to one of the claims 6 to 8, characterized in

that the two two-dimensional areas 17', 17" that cross one another have a different width B3, wherein the two-dimensional area 17' extending parallel to the long edges 14.l of the panel 11 has a width 3.1 that is greater than/equal to 2.5% and the two-dimensional area 17" extending parallel to the short edges 14.k of

the panel 11 has a width 3.2 that is greater than/equal to 17% of the diagonal D of the panel 11.

11. Panel loudspeaker according to one of the claims 6 to 10,  
characterized in

that the drivers 12 maintain a distance to the center lines M', M'' that intersect at the center of gravity S and extend parallel to the long and short edges 14.l, 14.k, wherein the distance A1 defines the distance of the drivers 12 to the center line M' that extends parallel to the long edge 14.l, and the distance A2 defines the distance of the drivers 12 to the center line M'' that extends to parallel to the short edge 14.k, and

that the distance A1 is smaller than the distance A2.

12. Panel loudspeaker according to claim 11,  
characterized in

that A1 is approximately 7% and A2 is approximately 14% of the diagonal D of the panel 11.